

Olli Suomalainen

Maa-ainesten hyötykäyttömenetelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
Päivämäärä: 18.4.2012

Tekijä Otsikko	Olli Suomalainen Maa-ainesten hyötykäyttömenetelmät
Sivumäärä Aika	35 sivua + 0 liitettä 18.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	Tuotantopäällikkö Eila Hägg Lehtori Jari Mustonen
<p>Tämän insinööritoiminnan tavoitteena oli vertailla eri maa-ainesten hyötykäyttö- ja jalostusmenetelmiä sekä niiden soveltuvuutta ja vaikutuksia yrityksen toimintaan, kustannuksiin ja ympäristöön. Työssä tutkittiin neljää eri hyötykäyttömenetelmää: kiviainesten seulontaa ja murskausta, stabilointia sekä pilaantuneiden maiden kapselointia. Lopputuloksena syntyi raportti menetelmien eduista, haitoista, rajoituksista ja soveltuvuudesta eri näkökulmista.</p> <p>Tutkimusaineistona oli käytettävissä Staran dokumentteja eri työmenetelmistä ja niiden kustannuksista sekä kokemusperäistä tietoa menetelmien hyvistä ja huonoista puolista. Käytännön tietoa työmenetelmistä kerättiin työn aikana ja kirjallista tausta-aineistoa saatiin muun muassa koulun kirjastosta ja Internetistä. Tutkimus suoritettiin vertaamalla tuotannosta aiheutuvia kustannuksia ostohintoihin tai käsittelymaksuihin, ottamalla huomioon myös ympäristönäkökulma ja kiviainesten ekologisesti kestävä käyttö.</p> <p>Työn tulokset olivat vaihtelevia eri menetelmien suhteen ja lopputuloksena hyötykäyttömenetelmistä taloudellisesti kannattavin oli seulonta, jolla päästiin vähintään 30 % kustannussäästöihin. Pilaantuneiden maiden kapseloinnin rakennuskustannukset alittavat maankaatopaikkojen kuljetus- ja käsittelymaksut noin 15 %, mutta huomioitaessa kapseloinnin suunnitteluun ja lupaprosesseihin kuluvat kustannukset ei menetelmä ole välttämättä pelkästään taloudellisessa mielessä edullisempi. Kokonaisuutta tarkasteltaessa kapselointi on kuitenkin erittäin järkevää, kun huomioidaan myös ympäristönäkökulma ja menetelmän soveltuvuus kyseiseen kohteeseen. Sedimenttien stabilointi ei kustannuksiltaan pysty kilpailemaan maankaatopaikkojen kustannuksiin verrattuna, mutta tässäkin tapauksessa asiaa on tarkasteltava myös muiden asioiden kannalta.</p> <p>Hyötykäyttömenetelmien soveltuvuutta arvioitaessa ne kaikki voidaan todeta erittäin hyvin soveltuviksi Jätkäsaaren rakentamisen kaltaiseen yli kymmenen vuotta kestäväan rakennusprojektiin.</p>	
Avainsanat	maa-aines, hyötykäyttö, seulonta, stabilointi, pilaantuneiden maa-ainesten kapselointi

Author Title	Olli Suomalainen Soil Utilization Methods
Number of Pages Date	35 pages + 0 appendices 18 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infrastructural Engineering
Instructors	Eila Hägg, Production Manager Jari Mustonen, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to compare the different soil utilization and processing methods and their suitability and impact for the company's activities and costs as well as the influence in environmental issues. The aim was to study four different utilization methods: screening and crushing of aggregates, stabilization and encapsulation of contaminated soil. The result was a report of the benefits, limitations and suitability of the methods from different points of view.</p> <p>The research data used were Stara's documents of different working methods and their costs, as well as experimental knowledge of the methods. Self-collected information on screening as well as written background material gathered from the school library and the Internet were also used during the work. The study was conducted by comparing the production costs to the purchase price or the processing of payments, also taking into account the perspective of environmental issues and ecologically sustainable use of aggregates.</p> <p>The results varied between different methods and in the end the most profitable utilization method proved to be screening which reached at least 30 % saving in costs compared to buying material from supplier. The other methods were not necessarily economically advantageous compared to the landfills, but in terms of environmental considerations and land use for the future they were also very suitable and recommended.</p> <p>Evaluating the utilization methods, they all can be considered very well suitable for such a project as the construction of Jätkäsaari, which will last well over a decade and provides opportunities to use many different utilization methods during the process.</p>	
Keywords	soil, utilization, methods, screening, stabilization, encapsulation, contaminated soil

Sisälllys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä	2
2.1	Luonnonvarojen käyttö Helsingin katujen rakentamisessa ja ylläpidossa	2
2.2	Ympäristölainsäädäntö	3
2.2.1	Ympäristönsuojelulaki	4
2.2.2	Ympäristölupa	5
2.2.3	Jätelaki	7
2.3	Jätkäsaaren rakentaminen	7
2.3.1	Historia	7
2.3.2	Kaavoitus	9
2.3.3	Rakentamisaikataulu	10
2.4	Jätkäsaaren välivarastointialue	11
2.4.1	Alueen yleistietoja	11
2.4.2	Välivarastointialueen toimintaperiaate	13
2.4.3	Välivarastointialueen ympäristölupa	14
3	Maa-ainesten käsittelyssä käytettävät työmenetelmät	15
3.1	Kiviainesten seulonta	15
3.2	Kiviainesten murskaus	16
3.3	Huonosti kantavan maa-aineksen stabilointi	19
3.4	Pilaantuneiden maa-ainesten kapselointi	20
3.5	Maa-ainesten käyttökohteet	22
4	Työmenetelmien vertailu	23
4.1	Työsaavutukset	23
4.2	Kustannukset	27
4.3	Soveltuvuus	29
4.4	Ympäristönäkökulma	31
5	Johtopäätökset	32
	Lähteet	34

Lyhenteet ja käsitteet

Alempi ohjearvo	Haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperää pidetään yleensä pilaantuneena, ellei aluetta käytetä teollisuus-, varasto- tai liikennealueena taikka muuna vastaavana alueena tai ellei kohdekohtaisella riskinarvioinnilla ole toisin osoitettu (YM 2007).
BAT	Paras käyttökelpoinen tekniikka; <i>best available techniques</i>
Ekvivalenttimelutaso	Keskimääräinen melutaso tarkasteluvälillä
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Hyötykäyttö	Materiaalin sisältämän aineen tai energian talteenotto ja käyttö
Kaivumaa	Rakentamisen yhteydessä kaivettava, siirrettävä tai muualle kuljetettava maa- tai kiviaines
Pilaantumaton maa-aines	Kaivettu maa-aines, jonka haitta-ainepitoisuus ei ylitä minäkään aineen osalta alempaa ohjearvoa.
Kynnysarvomaa	Kaivettu maa-aines, jonka yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus on kynnysarvon ja alemman ohjearvon välissä.
Pilaantunut maa-aines	Kaivettu maa-aines, jonka yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää PIMA-asetuksessa säädetyn alemman ohjearvon tai joka on pilaantunut muulla esimerkiksi hajuhaitan perusteella (YM 2007).

PIMA-asetus	Valtioneuvoston asetus (214/2007) maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista
Uusiutumaton luonnonvara	Luonnonvara, jota on käytettävissä vain jokin rajallinen, uusiutumaton varasto. Maa- ja kiviainekset kuuluvat pääosin uusiutumattomiin luonnonvaroihin.
Ylempi ohjearvo	Haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperää pidetään yleensä pilaantuneena alueella, jota käytetään teollisuus-, varasto-, tai liikennealueena tai muuna vastaavana alueena, ellei kohdekohtaisella riskinarvioinnilla ole toisin osoitettu (YM 2007).
Ylijäämämaa	Rakentamisen yhteydessä kaivetut maa- ja kiviainekset, jotka joko käytetään hyödyksi rakentamisessa tai kuljetaan maankaatopaikoille läjitettäviksi.
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi

1 Johdanto

Maa-ainesten kuljetus- ja käsittelykustannukset ovat merkittävä osa kokonaiskustannuksia ympäristörakentamisessa. Tämän johdosta mahdollisimman suuri osa rakentamisessa käytettävästä ja siitä yli jäävästä maa-aineksesta tulisi käyttää hyödyksi mahdollisimman lyhyin kuljetusmatkoin. Myös ympäristönäkökohdat tulee huomioida rakentamisessa ja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti neitseellisten luonnonvarojen käyttö tulee olla mahdollisimman vähäistä. Tämä tarkoittaa sitä, että maankaato- paikoille ei viedä sellaisia maa-aineksia, jotka voidaan käyttää sellaisenaan tai jalostettuina hyödyksi rakentamisessa.

Näiden periaatteiden mukaisesti on Jätkäsaareen perustettu maa-ainesten välivarastointialue, jonne voidaan varastoida erilaisia maa-aineksia, kunnes niille löytyy käyttökohde joltain alueen tontilta tai kadulta ja näin vähentää turhaa maa-ainesten kuljetamista sekä tarpeetonta rakennusmateriaalien hankintaa kiviainestuotantoasemilta.

Työn taustana on yrityksen tarve selvittää mahdollisia maa-ainesten hyödyntämismenetelmiä ja vertailla ja pohtia käyttökelpoisia menetelmiä Jätkäsaaren välivarastointialueelle läjitetyille maa-aineksille. Työssä tutustutaan eri hyötykäyttö- ja jalostusmenetelmiin ja vertaillaan niiden hyviä ja huonoja puolia eri näkökohtien kannalta.

Tavoitteena on tuottaa yritykselle selvitys maa-ainesten hyötykäyttö- ja jalostusmenetelmistä, niiden soveltuvuudesta yrityksen toimintaan, sekä niiden taloudellisista ja ympäristöllisistä hyödyistä.

Työ tehdään Helsingin rakentamispalvelu Staran läntisen kaupunkitekniikan rakentamisen osastolle, joka toimii päätoteuttajana Jätkäsaaren infran rakentamisessa. Se vastaa hankkeen toteuttamisesta ja turvallisuudesta, koordinoi aliurakoitsijoiden ja muiden osapuolien työt sekä raportoi hankkeen etenemisestä päätilaajalle eli Helsingin kaupungin rakennusvirastolle.

2 Yleistä

2.1 Luonnonvarojen käyttö Helsingin katujen rakentamisessa ja ylläpidossa

Katujen rakentamiseen ja ylläpitoon käytetään vuosittain Suur-Helsingin alueella noin 12 miljoonaa tonnia kiviaineksia, tästä määrästä vain 10 – 20 prosenttia on kierrätysmassoja. Helsingissä ei ole toimivia kiviainesten ottopaikkoja vaan rakennusainesten saatavuus rajoittuu muun rakentamisen sivutuotteisiin. [1, s. 27.]

Helsingissä ei sijaitse myöskään yhtään toimivaa maa-ainesten vastaanottopaikkaa. Vantaalla sijaitseva Pitkäsuo maankaatopaikka otti vastaan Helsingin ylijäämämaita helmikuuhun 2011 asti, jonka jälkeen vastaanotto päättyi. Nykyään ylijäämämaita on toimitettu useisiin eri läjitys- ja käyttökohteisiin, kuten Mäntsälään, Porvooseen, Lohjalle, Sipooseen, Lahteen ja Hyvinkäälle. [2.]

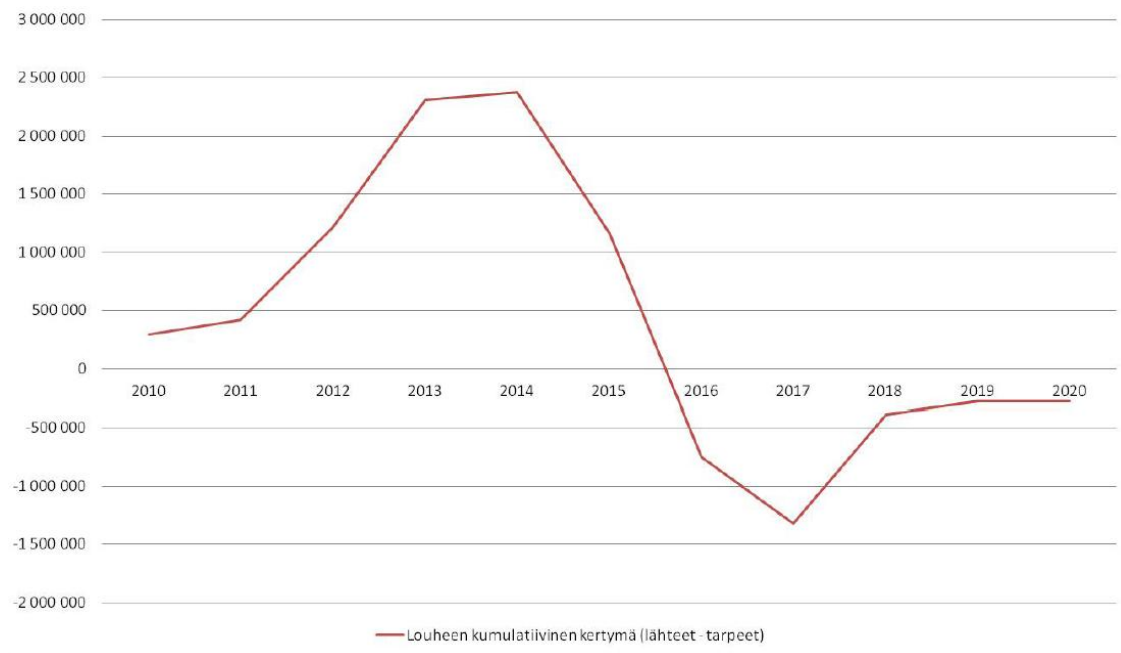
Helsingin alueilta muodostuvien ylijäämämaiden maankaatopaikkamaksut ovat yli kaksinkertaistuneet ja kuljetusmatkat 2,5-kertaistuneet vuoden 2010 keskitasosta (taulukko 1). Ylijäämämaita syntyy pääkaupunkiseudulla vuosittain noin 2 – 3 miljoonaa kuutiometriä, joista hyödynnetään vain noin 30 prosenttia. Nousseet kustannukset ja luonnonvarojen kestävä käytön periaatteet kannustavat keskittymään maa-ainesten yhä tehokkaampaan hyötykäyttöön. [2.]

Taulukko 1. Helsingin alueelta maankaatopaikoille kuljetetun maa-aineksen kustannusten hintakehitys [2.]

Massalajike	Vantaa, Pitkäsuo (2010)	Porvoo ja Mäntsälä (2011)	Kustannusnousu 2010 → 2011
Sora, hiekka, moreeni tms.	5,3 €/t	14,3 €/t	270 %
Savi, siltti, pintamaa	7,7 €/t	15,6 €/t	200 %
Löysä (vetinen materiaali)	7,7 €/t	17,8 €/t	230 %

Lähi vuosina Helsingissä otetaan käyttöön pohjaolosuhteiltaan heikkoja ja aikaisemmin asuinrakentamiseen kannattamattomia alueita mm. Jätkäsaarella, Kruunuvuoren rannassa, Hernesaarella ja Kalasatamassa. Tällä hetkellä kaikille vuosina 2008 – 2030 asuinrakentamiseen suunnitelluille alueille ei ole osoittaa massalähdettä. Kaupungin

maarakentaminen on perustunut lähinnä käynnissä olevista rakennuskohteista saatavaan louheeseen ja merestä nostettavaan kitkamaahan. Arvion mukaan louhetta muodostuu vuosina 2009 – 2015 enemmän kuin sitä rakentamisessa kulutetaan, mutta vuoden 2015 jälkeen tarpeen odotetaan ylittävän tarjolla olevan määrän (kuva 1). Mikäli louhetta ei pystytä väliaikaisesti varastoimaan, joudutaan maa-ainekset ostamaan kaupungin ulkopuolelta. [2, s. 14 – 15.]



Kuva 1. Louheen kumulatiivinen kertymä Helsingin kaupungin työmailla vuosina 2010 - 2020

2.2 Ympäristölainsäädäntö

Ympäristölainsäädäntöä hallitsee ympäristöministeriö. Sen toimialaan kuuluu ympäristönsuojelu-, luonnonsuojelu-, maankäyttö- ja rakentamis- ja asuntolainsäädäntö. Ympäristölainsäädäntö määrittelee oikeat toimintatavat niin, että ympäristön kuormitus on mahdollisimman vähäistä ja toiminnan vaikutukset tulee kokonaisuudessaan selvitettyksi. Lainsäädännöllä on keskeinen merkitys ympäristönsuojelun tavoitteiden saavuttamisessa ja sitä tulee kehittää jatkuvasti vastaamaan yhteiskunnan muutoksia ja tarpeita. [3.]

Keskeisimpiä lakeja infrarakentamisessa ovat vesilaki, maankäyttö- ja rakentamislaki sekä ympäristönsuojelulaki. Maa-ainesten hyötykäyttöä rajoittaa usein lisäksi myös jätelaki.

Merkittävästi ympäristöön vaikuttavista hankkeista on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi (YVA). YVA tehdään aina esimerkiksi rakennettaessa lentokenttää, satamaa, moottoritietä tai suuria sikaloita tai kanaloita [3]. Muissa tapauksissa päätöksen ympäristövaikutusten arvioinnista tekee tapauskohtaisesti paikallinen ELY-keskus [4, 6 §]. Ympäristövaikutusten arviointimenettelylain tarkoitus on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja yhtenäistä huomioon ottamista suunnittelussa ja päätöksen teossa ja samalla lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia [4, 1 §].

Jätkäsaaren alueen ympäristövaikutuksista ja YVA-menettelyn tarpeellisuudesta käytyjen, Helsingin kaupungin ja Uudenmaan ympäristökeskuksen välisten keskustelujen jälkeen on todettu, ettei välivarastointialueen toimintaa voida tulkita kaatopaikkatoiminnaksi ja että alueen täytoissä käytettävien materiaalien esikäsittely ei myöskään ole YVA-asetuksen tarkoittamaa jätteen laitosmaista käsittelyä, koska materiaalit käytetään hyödyksi eikä kuljeteta pois alueelta. Näin ollen välivarastointialue, kuten ei koko Jätkäsaaren alueen rakentaminenkaan kuulu YVA:n piiriin. [5, s. 15.]

2.2.1 Ympäristönsuojelulaki

Vuonna 2000 voimaan tullut ympäristönsuojelulaki on yksi keskeisimmistä ohjauskeinoista ympäristölainsäädännössä. Lain tavoitteena on mm. ehkäistä ympäristön pilaantumista ja siitä aiheutuvia vahinkoja, ehkäistä jätteen syntymistä ja niiden haittavaikutuksia, tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia sekä torjua ilmastomuutosta ja tukea muuten kestävästä kehityksestä. [6, 1 §.]

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan kaikkeen toimintaan, josta saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista, jos toiminnasta syntyy jätettä tai sitä hyödynnetään tai käsitellään.

Lain keskeisimpinä periaatteina on ehkäistä ja rajoittaa haitallisia ympäristövaikutuksia. Tähän päästäkseen on meneteltävä toiminnan edellyttämällä huolellisuudella ja varovaisuudella sekä huomioitava toimintaan liittyvät ympäristöriskit ja niiden todennäköi-

syydet. Riskikartoituksen pohjalta voidaan tehdä toimintasuunnitelma, jossa kriittisimpiin ongelmiin on varauduttu ja onnettomuustapauksissa vaikutukset ympäristöön voidaan minimoida. Lain periaatteena on myös käyttää parasta käyttökelpoista tekniikkaa sekä ympäristön kannalta sopivia työmenetelmiä ja raaka-aineita. [6, 4 §.]

Ympäristönsuojelulaki määrittelee tapaukset, joille on haettava ympäristölupa sekä ympäristölupahakemukseen tarvittavat selvitykset.

2.2.2 Ympäristölupa

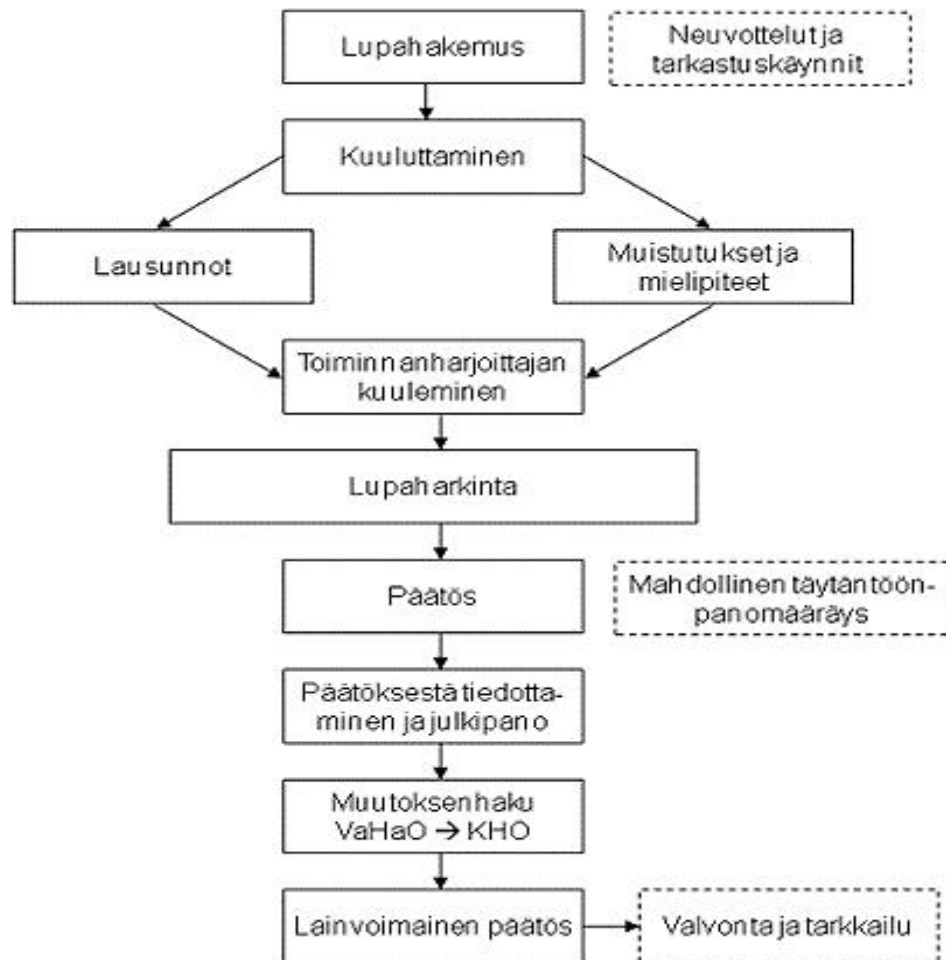
Ympäristöluvan tarve on määritelty ympäristönsuojelulaissa. Ympäristölupa antaa määräyksiä toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä. Ympäristölupahakemuksessa esitetään mm. toiminnan ympäristövaikutukset, toiminnan sijainti, alueen kaavoitustilanne, poikkeustilanteet ja niihin varautuminen sekä toiminnan ajankohta. [7, 9 §.]

Ympäristöluvan tarkoituksena on ehkäistä toiminnasta ympäristölle haitallisia päästöjä ja muita vaikutuksia. Lupaprosessin aikana toiminnan ympäristövaikutukset tulee karitettua ja arvioitua. Näin varmistetaan ympäristön kannalta merkittävien asioiden huomioon ottaminen toiminnan suunnittelussa ja sen aikana.

Ympäristöluvan hakuprosessi (Kuva 2) alkaa ympäristölupahakemuksella, jota tehtäessä selvitetään toiminnan aiheuttamia vaikutuksia ympäristöön. Samalla käydään neuvotteluita eri viranomaisten ja osallisten kanssa sekä tehdään muut tarvittavat selvitykset. Lupahakemus toimitetaan toiminnasta riippuen joko aluehallintovirastoon tai kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. [7, 5 §; 6 §.]

Kun asiat ovat riittävän yksityiskohtaisesti selvitetty, on lupahakemuksesta kuulutettava ympäristönsuojelulaissa määrättyllä tavalla. Tässä vaiheessa ympäristöviranomaisen voi pyytää luvan hakijalta lisätietoja ja järjestää neuvotteluja. Kuulutuksen tarkoituksena on mahdollistaa viran- sekä muiden asianomaisten kommentoinnin luvan yksityiskohdista ja toiminnan vaikutuksista. Kuulutuksen jälkeen kuullaan toiminnan harjoittajaa, joka voi puolestaan ottaa kantaa kuulutuksen johdosta esiin nousseisiin ongelma-kohtiin. Tämän jälkeen lupa siirtyy lupaharkintaan, jonka jälkeen lupa hylätään tai hy-

väksytään. Lupaviranomainen voi myös antaa lupaa koskien erilaisia määräyksiä. [6, 16 §.]



Kuva 2. Lupakäsittelyn vaiheet

Päätöksen jälkeen siitä tiedotetaan ja se julkipannaan ja merkitään rekisteriin. Ympäristönsuojelulaissa määrätyt asianomaiset voivat valittaa lupapäätöksestä Vaasan hallinto-oikeuteen ja sen jälkeen korkeimpaan hallinto-oikeuteen, jonka jälkeen lupa saa lainvoiman. Luvan voimaan tulon jälkeen suoritetaan luvan valvontaa ja tarkkailua, jolla varmistetaan että toiminta suoritetaan luvassa määrättyllä tavalla. [6, 96 § ja 97 §.]

2.2.3 Jätelaki

Jätelaki määrittää jätteeksi luokiteltavat materiaalit, miten niitä voidaan hyödyntää, sekä vaarallisten jätteiden käsittely- ja toimintamenettelyt. Jätelakia sovelletaan jätteen ja sen syntymisen ehkäisemiseen ja vaarallisten tai haitallisten ominaisuuksien vähentämiseen, jätteen hyödyntämisen edistämiseen sekä maaperän saastumisen ehkäisemiseen ja saastuneiden alueiden puhdistamiseen. [8, 2 §.]

Lain tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvia terveys- ja ympäristövaikutuksia, vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta sekä edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti. [8, 1 §.]

Jätelaki uudistuu ja uusi laki (646/2011) astuu voimaan 1.5.2012. Tämä laki kumoaa vanhan jätelain (1072/1993) ja jäteasetuksen (1390/1993). Uuden lain mukaan jätelakia ei enää sovelleta kallio- ja maaperästä irrottamattomaan pilaantuneeseen maa-ainekseen (3 §, kohta 7). Kaivumassat luokitellaan edelleen jätteeksi, poikkeuksena kuitenkin kun rakentamisen yhteydessä muodostunut aines käsitellään tai hyödynnetään samalla tai muulla paikalla suunnitelman tai luvan mukaisesti. [9.]

2.3 Jätkäsaaren rakentaminen

Jätkäsaari sijaitsee Helsingin eteläkärjessä ja sinne rakennetaan uusi merellinen asuinalue seuraavien noin 15 vuoden aikana. Jätkäsaaren asuinalueen ilme tulee muodostumaan hyvistä palveluista ja merellisestä ilmapiiristä. Myös kaupungin keskustan palvelut tulevat olemaan vain muutaman minuutin matkan päässä, jonka voi taittaa kävelen, raitiovaunulla tai polkupyörällä. [10.]

Alueen kokonaispinta-ala on noin 33 hehtaaria, josta puistoalueita on kaavoitettu noin 20 hehtaaria. Alueen tulisi valmistua vuonna 2025, jolloin alueella sijaitsee työpaikka noin 6 000 ihmiselle ja asuinpaikka noin 17 000 asukkaalle. [10.]

2.3.1 Historia

Jätkäsaaren asutettu historia johtaa aina 1800-luvun loppupuolelle asti, jolloin saarella asui vakituisesti noin 20 ihmistä, jonka lisäksi saarella sijaitsi porvariston kesähuviloita.

Nykyinen Jätkäsaari koostuu neljästä saaresta: Jätkäsaaresta, Hietasaaresta, Utternista ja Saukonkarista, (Kuva 3) jotka on aikojen saatossa täytetty yhtenäiseksi alueeksi ja liitetty mantereeseen. [10.]



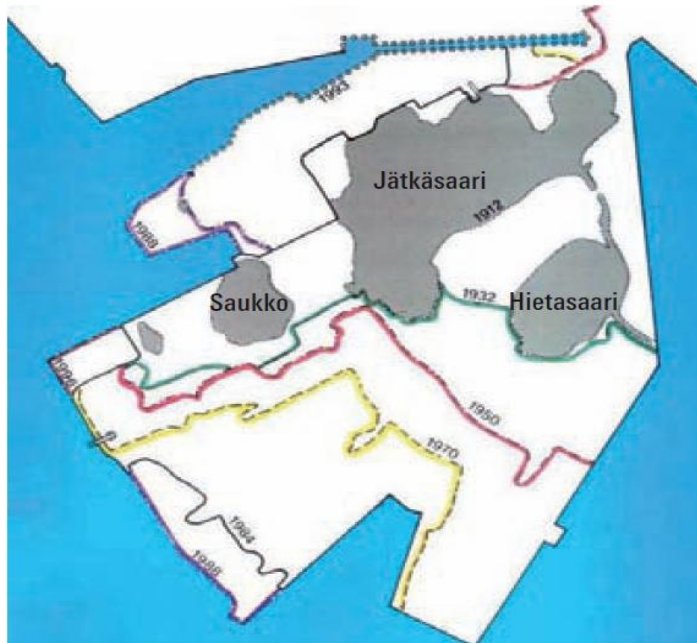
Kuva 3. Vanhat saaret ja tuleva Jätkäsaaren kaavoitusalue

Sataman täyttötyöt aloitettiin vuonna 1913 tasaamalla ja täyttämällä Jätkäsaaresta ja Hietasaaresta yhtenäinen alue. Meritäyttöjen (kuva 4) ansiosta alueen pinta-ala kasvoi yli kolminkertaiseksi. Samalla Hietalahteen kulkeva satamarata jatkettiin kulkemaan Jätkäsaareen asti ja merta ruopattiin suuria rahtilaivoja varten. Vuonna 1928 satama-alue oli laajentunut niin paljon, ettei neljää saarta ollut enää olemassa, vaan ne oli täytetty ja liitetty mantereeseen. Samalla aluetta alettiin kutsua Jätkäsaareksi. [10.]

Sataman kasvu alkoi 1930-luvulla, jolloin siitä alkoi kasvaa Helsingin suurin satama. Sota ja lama-aika verottivat sataman kehitystä, mutta sotakorvaukset ja talouden elpyminen elvyttivät sataman toiminnot nopeasti sodan jälkeen. 1960-luvulla hiilisatama siirtyi pois Jätkäsaaresta ja Länsisatamasta kasvoi Helsingin monipuolisin satama. [10.]

Tavaramäärien kasvaessa ja kaupungin kehittyessä Länsisatama ei kuitenkaan pystynyt enää palvelemaan tavaraliikenteen tarpeita optimaalisesti. Vuonna 2008 kaikki konttitaraliikenne siirrettiin juuri valmistuneeseen Vuosaaren satamaan. Tämän johdosta satamatoiminnot saatiin nykyaikaistettua ja tavaraliikenne saatiin ohjattua kaupungin

keskustan sijasta suoraan pääväylille. Muutto mahdollisti myös Jätkäsaaren alueen kehittämisen osaksi Helsingin monipuolista kantakaupunkia. [11, s. 8.]



Kuva 4. Jätkäsaaren ympäristön rantaviivan kehitys eräinä vuosina

2.3.2 Kaavoitus

Jätkäsaaren alueen osayleiskaava sai lainvoiman 18.8.2006. Osayleiskaavassa alue on määritelty kerrostalovaltaiseksi sekoittuneeksi kaupunkirakenteeksi palveluineen ja työpaikkoineen. Alueen joukko- ja kevyen liikenteen taso on tarkoitus kehittää houkuttelevalle tasolle ja yksityisautoilun määrä pyritään minimoimaan:

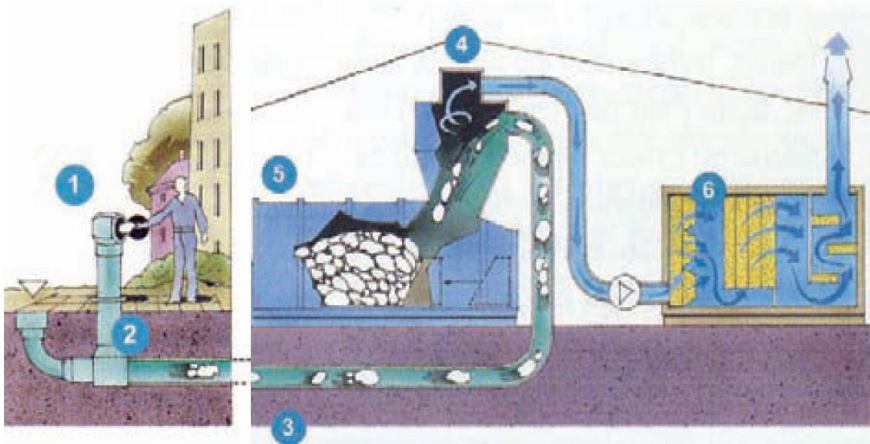
Jätkäsaaren suunnittelussa on selvitetty mahdollisuutta vähentää yksityisautoilua. Kyseeseen tulevat mm. julkisen liikenteen palvelutason kehittäminen houkuttelevalle tasolle ja kevyen liikenteen toimivuuden korostaminen.

Tavoitteena on identiteetiltään urbaani kaupunginosa, jossa on erilaisia omaleimaisia osa-alueita. Kaikkia osa-alueita yhdistää kaupunkimainen rakenne, jossa rakennukset rajaavat katutilaa. [11, s. 4.]

Huoltoliikenne alueelle pyritään myös minimoimaan ja muun muassa jätehuolto tullaan toteuttamaan alueellisella imukeräysjärjestelmällä, jolloin jätteet kulkevat imuputkia

pitkin suoraan jäteasemalle (Kuva 5). Näin erillisiä jäteastioita tai niiden tyhjentämiseen käytettäviä jäteautoja ei tule juurikaan liikennöimään alueen tonttikaduilla. [11, s. 43.]

Jätteen imukeräysjärjestelmällä voidaan kerätä talouksien bio-, seka- ja paperijäte, jotka muodostavat noin 80 prosenttia talousjätteistä. Lasin, metallin ja pakkauskartonin keräys järjestetään nykyiseen tapaan alueellisesti.



Kuva 5. Jätteen imukeräysjärjestelmän periaate

Jätkäsaarella on toistaiseksi voimassa kaksi lainvoimaista asemakaavaa, ne ovat Jätkäsaarenkallion ja Hietasaaren asemakaava sekä Saukonpaaden asemakaava.

2.3.3 Rakentamisaikataulu

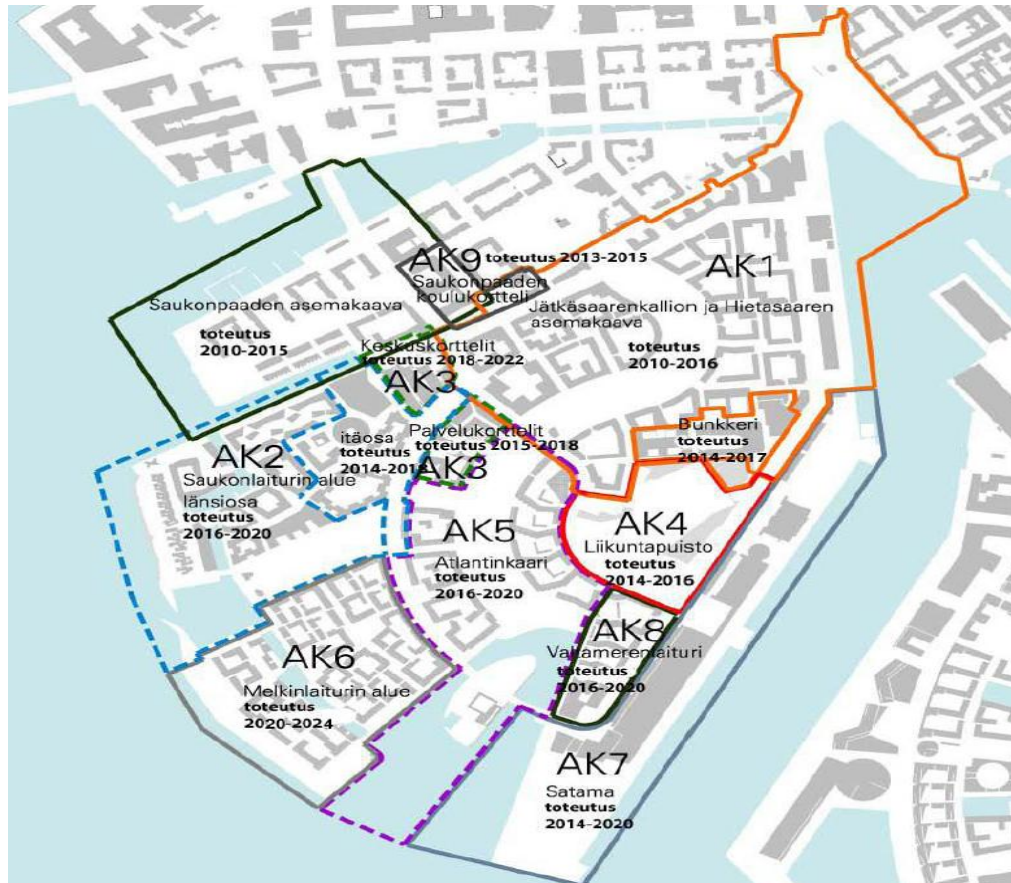
Jätkäsaaren rakentaminen on jaettu yhdeksään eri kaavoitusalueeseen (Kuva 6) ja niiden rakentaminen on vaiheistettu niin, että saari rakennetaan Ruoholahdesta ja länsilinkistä alkaen kohti Jätkäsaaren päätä.

Jätkäsaaren varsinainen rakentaminen alkoi vuonna 2008 Crusellin sillan, kunnallistekniikan ja katujen esirakentamisen myötä. Ensimmäisiä tontteja alettiin rakentaa syyskuussa 2010 Saukonpaadenalueelle ja ensimmäiset asukkaat muuttivat alueelle alkuvuodesta 2012. [12.]

Helmikuussa 2012 rakennustyöt ovat käynnissä alueilla AK1 ja AK9 (Kuva 6) yhteensä 14 eri tontilla ja työt on saman vuoden aikana tarkoitus aloittaa 14 uudella tontilla.

Alueen kunnallistekniset työt on ajoitettu tonttien rakentamisen mukaa ja niiden on tarkoitus edetä sitä mukaan kuin uusia tontteja aletaan rakentaa. [12.]

Viimeisenkin rakentamisvaiheen tulisi olla valmis vuonna 2025, jolloin alueen 15 vuotta kestävät rakennustyöt on tarkoitus valmistua [12].



Kuva 6. Jätkäsaaren kaava-alueet ja niiden suunnitellut rakennusajankohdat

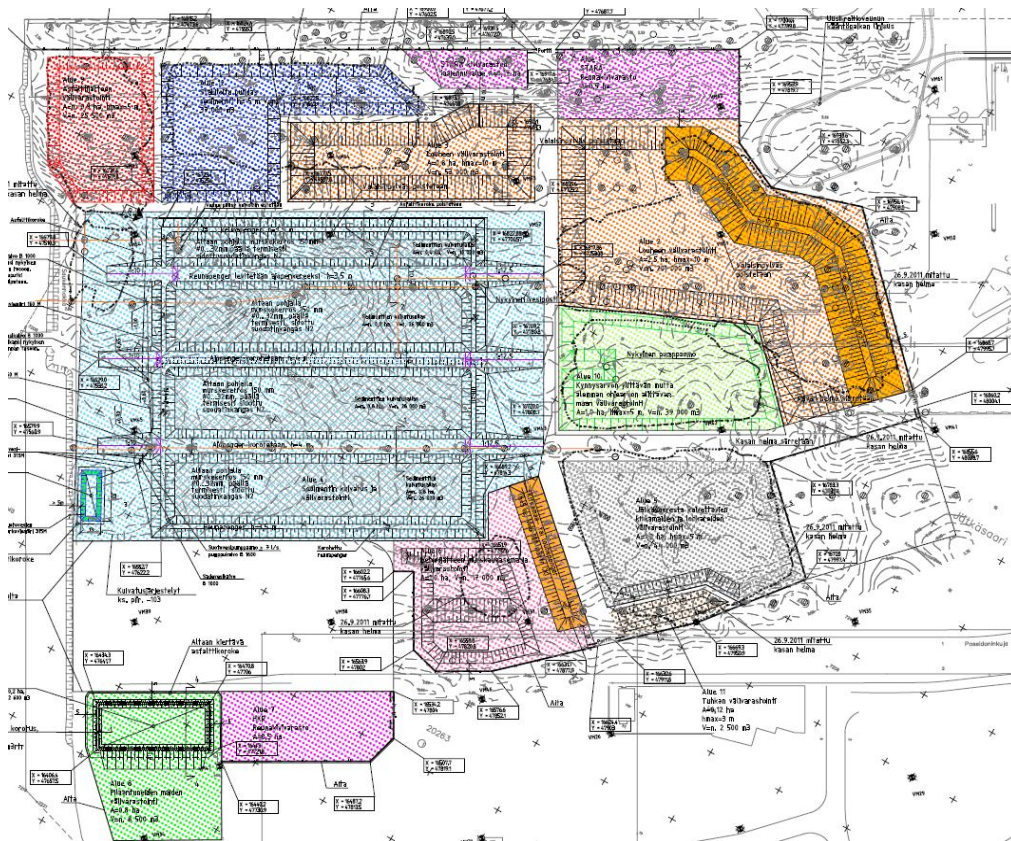
2.4 Jätkäsaaren välivarastointialue

2.4.1 Alueen yleistietoja

Jätkäsaaren välivarastointialue on entistä Länsisataman tavarasatama-aluetta. Se on noin kahdenkymmenen hehtaarin kokoinen alue Jätkäsaaren lounaisosassa, joka on varattu louheen, maa-aineksen sekä joidenkin jätejakeiden väliaikaiseen varastointiin ja

esikäsittelyyn. Myöhemmin alueen rakentaminen ja muu väliaikaiskäyttö pienentävät välivarastointialueen kokoa. Välivarastointi jatkuu arviolta vuoteen 2021, jolloin alue on tämän hetkisten arvioiden mukaan rakennettu valmiiksi. [5, s. 5.]

Jätkäsaaren välivarastointialueen aluesuunnitelmasta selviää tarkemmin alueen eri osa-alueet (kuva 7). Aluesuunnitelmassa on eri värein esitetty maa-aineksille ja jätteille omat sijoituspaikkansa: asfalttijäte (punainen), stabiloidut puhtaat sedimentit (tumman sininen), louhe (oranssi), sedimenttien stabilointialtaat (vaalean sininen), kynnysarvon ylittävät lievästi pilaantuneet maa-ainekset (vaalean vihreä), kitkamaa (harmaa), betonijäte (vaalean punainen), pilaantuneet maa-ainekset (tumman vihreä) sekä Staran reunakivivarastot (lila).



Kuva 7. Jätkäsaaren välivarastointialueen aluesuunnitelma

Kuvassa 8 on välivarastointialue ilmakuvassa, etualalla näkyy ruopattujen sedimenttien stabilointialtaat ja vasemmalla takana louhe-, kynnysarvomaa- ja kitkamaakasat.



Kuva 8. Välivarastointialue ilmasta

2.4.2 Välivarastointialueen toimintaperiaate

Välivarastointialueen tarkoituksena on palvella Jätkäsaaren alueen rakentamista, kaikkiaan koko alueen rakentamiseen tarvitaan noin 6,7 miljoonaa kuutiometriä lisää maa-massoja. Välivarastointialueella voidaan välivarastoida ja esikäsittää rakentamisessa käytettäviä maa- ja kiviaineksia, jotka tarvitsevat rakentamisaikataulujen vuoksi välivarastointia, esikäsittelyä tai odottavat jatkokuljetusta käsittelylaitoksiin. Näin voidaan mahdollistaa massojen käyttäminen mahdollisimman vähäisin kuljetuksin ja säästää luonnonvaroja ja kuljetuskustannuksia. [5, s. 4 – 5.]

Massojen välivarastointi Jätkäsaarella edustaa parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) ja ympäristön kannalta parasta käytäntöä. Jätkäsaaren ulkopuolisista hankkeista muodostuvan ylijäämämaan ja louheen käyttö säästää neitseellisiä luonnonvaroja. Koska nämä massat eivät muodostu samaan aikaan kuin niitä muissa rakentamishankkeissa tarvittaisiin, mahdollistetaan välivarastoinnilla niiden käytön onnistuminen. [5, s. 10.]

Välivarastointialueelle voidaan tuoda massoja alueen tonteilta sitä mukaa kuin rakennustyöt edistyvät ja toisaalta hakea täyttömateriaaleja kun niitä tarvitaan. Välivarastoitavia massoja ovat louhe, puhtaat maa-ainekset, pilaantuneet maa-ainekset, haitta-ainepitoisen ruoppausmassat sekä betoni-, tiili- ja asfalttijäte.

Alueella on massastabiloitu haitta-ainepitoisia ruoppausmassoja, joita on ruopattu mm. Saukonpaadesta ja sataman laajennustyömaalta. Muita mahdollisia massojen esikäsittelymenetelmiä ovat esimerkiksi louheen murskaus ja seulonta, puhtaiden ja pilaantuneiden maiden välppäys ja seulonta sekä tiilen, betonin ja asfaltin murskaus ja seulonta. [5, s. 5 - 6.]

2.4.3 Välivarastointialueen ympäristölupa

Välivarastointialueella on lainvoimainen ympäristölupa vuoden 2013 loppuun saakka, jonka jälkeen on toiminnalle haettava uusi ympäristölupa. Lupaa haettiin vuoden 2021 loppuun asti, mutta Uudenmaan ympäristökeskus myönsi luvan määräaikaisena vuoden 2013 loppuun saakka. Ote alueen ympäristöluvan myöntämisen perusteista:

Koska välivarastointialueen ja sitä ympäröivän alueen maankäyttö muuttuu tulevana vuosina merkittävästi, myönnetään koko lupa hakemuksesta poiketen määräaikaisena vuoden 2013 loppuun asti. Määräaikaisena ympäristöluvan myöntäminen täyttää ympäristösuojelulain mukaiset edellytykset.

Mikäli toimintaa aiotaan jatkaa vuoden 2013 jälkeen, on toiminnan jatkolle haettava hyvissä ajoin etukäteen ympäristölupaa, jonka käsittelyn yhteydessä luvan myöntämisen edellytykset ja lupamääräykset harkitaan uudelleen. [5, s. 32.]

Ympäristölupa sallii alueella kerrallaan välivarastoitavan 1,6 miljoonaa tonnia louhetta, miljoona tonnia puhtaita maa-aineksia, 80 tuhatta kuutiometriä ruoppausmassoja, 15 tuhatta kuutiometriä pilaantuneita maa-aineksia, 30 tuhatta kuutiometriä betoni-, tiili- ja asfalttijätettä, 35 tuhatta tonnia pohjatuhkaa sekä 15 tuhatta tonnia lentotuhkaa ja rikinpoiston lopputuotteita. [5, s. 23.]

Alueen ympäristölupa sallii louheen ja betoni-, tiili- ja asfalttijätteen murskaamisen ja seulomisen, puhtaan ja pilaantuneen maa- ja kiviainesten seulonnan sekä ruoppausmassojen kuivattamisen ja stabiloinnin. Kiviaineksia voidaan murskata 25 000 tonnia vuodessa. [5, s. 23.]

Luvan määräykset rajoittavat murskaustoimintaa niin, ettei toiminnasta saa aiheutua pölyhaittaa lähiympäristöön. Luvan mukaan käsiteltävän louheen tulee olla kosteaa, murskain on koteloitava ja varustettava riittävän tehokkaalla kastelujärjestelmällä sekä pölynpoistojärjestelmän kuntoa ja toimintaa on tarkkailtava päivittäin. Pölynpoistojär-

jestelmän rikkoutuessa toiminta on lopetettava kunnes vika on korjattu. Myös seulonta-laitteisto on tarvittaessa varustettava kostutuslaitteistolla. [5, s. 26.]

Meluntorjunta rajoittaa alueen työaikoja, eikä toiminnasta saa aiheutua työmaaliikenne mukaan lukien ulkona ympäristön asuinalueilla, virkistysalueilla sekä hoito- ja oppilaitoksia palvelevilla alueilla päivällä 7:00 – 22:00 ekvivalenttimelutasoa 55 dB ja eikä yöllä 22:00 – 7:00 ekvivalenttimelutasoa 50 dB ylittävää melua. Eniten melua aiheuttavat toiminnot kuten murskaus ja seulonta on tehtävä arkipäivisin klo 7:00 – 18:00. [5, s. 36.]

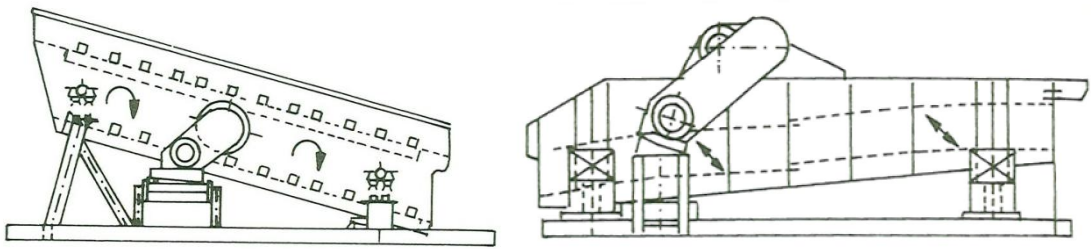
Ennen seulonnan tai murskauksen aloittamista, tavanomaisen toiminnan aikana sekä ensimmäisen seulonta- tai murskausjakson aikana on lähialueilta tehtävä melu- ja pölymittaukset, sekä toimitettava ne Uudenmaan ympäristökeskukseen. Näin varmistetaan melun ja pölyn torjuntamenetelmien riittävyys. [5, s. 26 – 27, 30.]

3 Maa-ainesten käsittelyssä käytettävät työmenetelmät

3.1 Kiviainesten seulonta

Seulonnassa murskaus- tai louhetuote voidaan jakaa haluttuihin jakeisiin. Eri lajikkeita on mahdollista saada seulan tasojen lukumäärää ja seulakokoja muuttamalla. Esimerkiksi kaksitasoisella seulalla saadaan yksi nollalajike (raekoko 0 – x), yksi sepelilajike (raekoko x – y mm) sekä ylätason ylite (raekoko y →) jossa x on alemman ja y ylemmän seulan silmäkoko. [13, s. 210 – 211.]

Seulontalaitteistoa on saatavilla monenlaisia käyttötarkoituksen laajuudesta ja halutusta työtehosta riippuen. Seulat ovat pääasiassa yksiakselisia vapaavärähtely- tai kaksiakselisia suuntaisiskuseuloja. Vapaavärähtelyseulassa (kuva 9) epäkeskoakseli saa aikaan ympyrän muotoisen liikkeen seulan koriin, jonka ansiosta kiviaines irtoaa verkosta. Seulaverkko on vinossa asennossa, mikä saa aikaan materiaalin liikkumisen verkolla eteenpäin. Seulaverkon silmiä pienemmät rakeet putoavat verkon läpi alemmalle tasolle ja suuremmat jäävät verkolle ja kulkeutuvat ulos seulasta. [13, s. 208.]



Kuva 9. Yksiakselinen vapaavärheseula (vasemmalla) ja kaksiakselinen suuntaisiskuseula (oikealla) [13, s. 210]

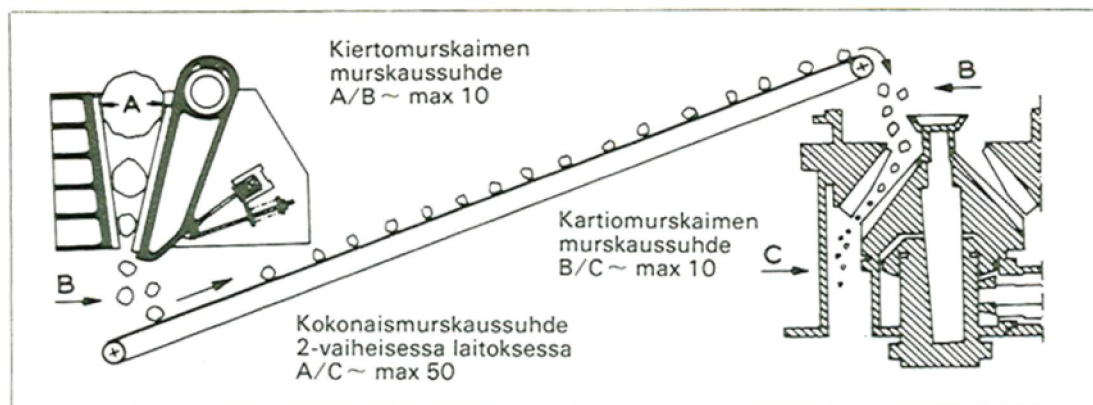
Suuntaisiskuseuloissa (kuva 9) korit ovat lähes vaakatasossa ja kaksi epäkeskeisesti pyörivää akselia saavat aikaan haluttuun suuntaan suuntautuvan iskun. Akseleiden epäkeskojen keskinäistä asemaa säätämällä saadaan isku suunnattua halutulla tavalla. Edellä kuvatuilla täryseuloilla voidaan seuloa kiviainesta niin, että katkaisuraja on noin 4 mm, näin pieniä raekokoja seulottaessa on kuitenkin seulottavan materiaalin oltava kuivaa. 12 mm ja sitä suuremmat lajikkeet voidaan seuloa myös kosteina. [13, s. 208 ja 210.]

Seulonta suoritetaan yleensä murskauksen yhteydessä, mutta esimerkiksi Jätkäsaaren välivarastointialueella on paljon tunnelilouhetta, joka on sen verran hienojakeista, että sitä voidaan jalostaa myös suoraan seulomalla.

3.2 Kiviainesten murskaus

Murskaamisen tarkoituksena on saada käytettävästä louheesta tuote, joka rakeisuutensa ja muiden ominaisuuksiensa puolesta soveltuu haluttuun käyttötarkoitukseen. Murskauksen onnistumiseen ja sen vaiheisiin vaikuttaa mm. kiviaineksen ominaisuudet sekä murskattavan louheen alkuperä. Tunnelilouheista saadaan yleensä enemmän hienoaainesta kuin avolouhoksista saatavasta kiviaineksestä, mutta vähiten hienoaainesta syntyy murskattaessa luonnonkiviaineksia. [13, s. 203 – 204.]

Suomen kivilajit ovat yleensä rapautumattomia, joitakin rapakivialueita lukuun ottamatta. Kiviaineksen tärkein ominaisuus on sen kestävyys mekaanista ja kemiallista rasitusta vastaan ja nämä ominaisuudet ovat kunnossa suomalaisessa kallioperässä. [13, s. 204.]

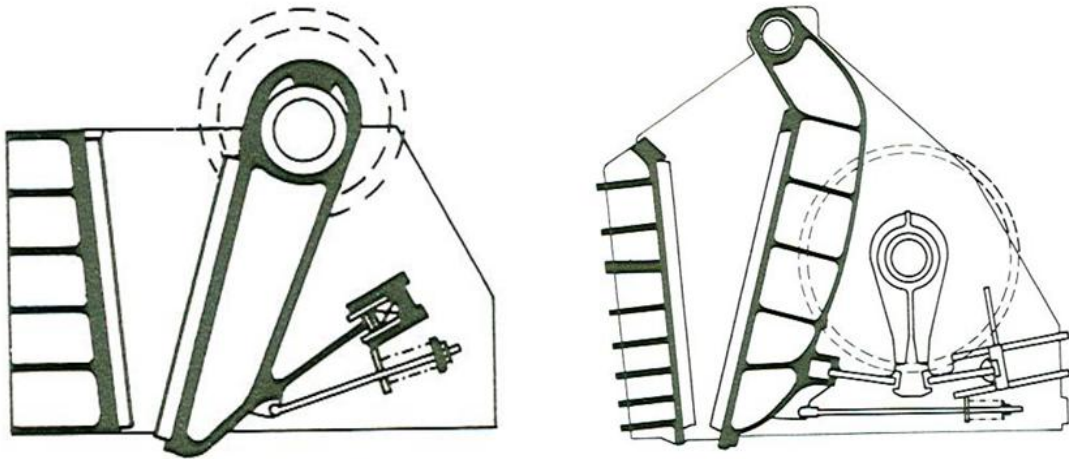


Kuva 10. Kaksivaiheisen murskauslaitoksen murskaussuhteen muodostuminen

Murskattavan kiviaineksen lohkokoko määrittää esimurskaimen koon, sekä halutun lopputuotteen hienous tarvittavien murskausvaiheiden määrän. Kiviaineksiä murskatesa pienennetään suuresta ja epätasaisen kokoisesta lähtömateriaalista halutun seulan läpäisevää tuotetta, jolloin sen maksimiraekoko ja raejakauma ovat määrättyt. Lähtömateriaalin suurimman rakeen läpimitan ja murskatun aineksen suurimman rakeen suhdetta kutsutaan murskaussuhteeksi. Kaksivaiheisella murskauslaitoksella, jossa on esi- ja jälkimurskain, voidaan päästä käytännössä noin 15 – 30 murskaussuhteeseen (kuva 10). Kolmivaiheisissa laitoksissa murskaussuhde on 40 – 60 välillä. [13, s. 205.]

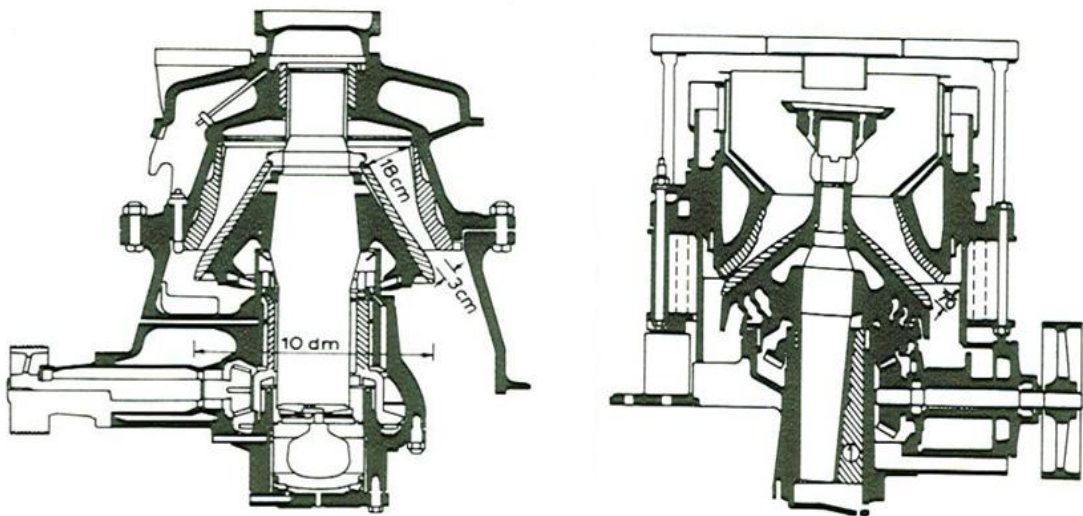
Esimurskaimet ovat yleensä kitatyypisiä leukamurskaimia, ja niitä on kahden tyyppiä; joko kierto- tai pendel-murskain (kuva 11). Kiertomurskaimessa liikkuva murskausleuka on laakeroitu yläpäästään epäkeskoakseliin, joka saa aikaan tasaisen puristuksen koko leuan alueelle. Pendel-murskaimessa sen sijaan leuan alapää on laakeroitu, jolloin leuan alapäässä tapahtuva liike on suurempaa kuin yläpäässä.

Kiertomurskain ottaa vastaan suuremman kokoista alkutuotetta, koska sen yläpään liike on suurempaa ja murskausteho parempaa. Toisaalta myös kulutusosien kuluminen on huomattavasti suurempaa kuin pendel-murskaimessa. Kiven särkyminen näissä murskaimissa perustuu suhteellisen hitaaseen puristumisliikkeeseen, eikä murskaimen tuottamaan raemuotoon voida juurikaan vaikuttaa. Nykyään kiertomurskain on maailmanlaajuisesti yleisin leukamurskaintyyppi. [13, s. 205 – 207.]



Kuva 11. Leukamurskaimet, vasemmalla kierto- ja oikealla pendel-murskain

Jälkimurskaimena käytetään yleensä kara- tai kartiomurskainta, joiden toiminta perustuu samaan periaatteeseen kuin leukamurskaimissakin, mutta murskaavan liikkeen saa aikaan epäkeskeisesti pyörivä kartio (kuva 12). Kartiomurskaimet poikkeavat karamurskaimista siten, että kartion pysty akseli on yläpäästään vapaa. [13, s. 208 – 209.]



Kuva 12. Kara- ja kartiomurskain

Tuotantomääriltään pienet ja tuotantoajaltaan lyhyet murskaustyöt toteutetaan teloilla liikkuvalla siirrettävällä murskauslaitoksella, jonka siirto ja kuljetus on kustannustehokasta ja nopeaa. Tällainen tuotantolaitos koostuu yleensä kitatyypisestä esimurskaimesta sekä seulalla varustetusta kartiojälkimurskaimesta. Tällä kokoonpanolla voi-

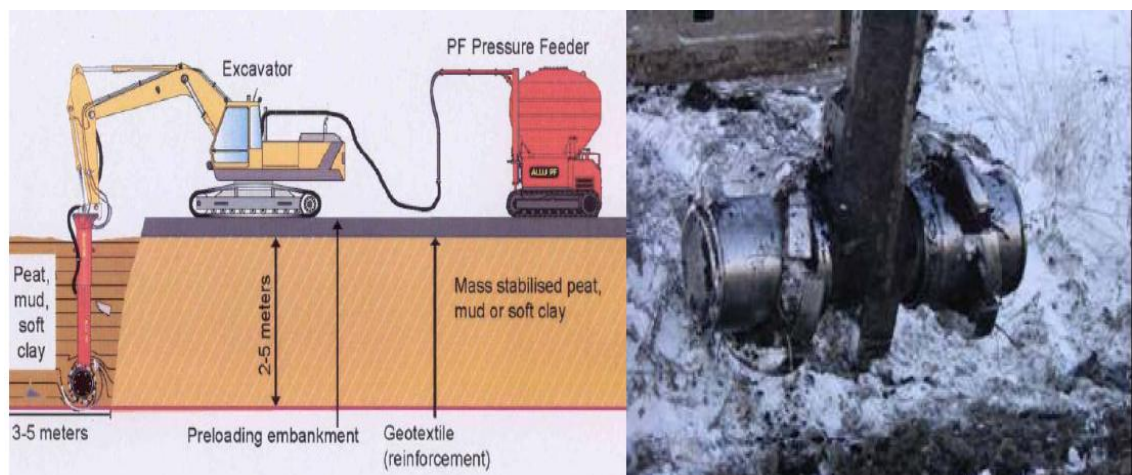
daan jalostaa kaikkia yleisimpiä kiviaineslajikkeita teiden rakentamiseen ja kunnossapitoon.

3.3 Huonosti kantavan maa-aineksen stabilointi

Stabilointia käytetään pehmeiden maa-ainesten lujittamiseen ja kantavuuden lisäämiseen. Stabiloinnilla parannetaan pehmeiden maa-ainesten ominaisuuksia ja vähennetään painumia. Stabilointia voidaan käyttää myös pilaantuneiden maa-ainesten kunnostukseen, jolloin sideaine sitoo haitta-aineet fysikaalisesti ja/tai kemiallisesti maa-ainekseen siten, että näiden kulkeutuminen ympäristöön estyy. [14, s. 24.]

Stabiloinnin sideaineena käytetään yleensä sementtiä, kalkkia tai näiden sekoitusta, mutta myös teollisuuden ylijäämätuotteita, kuten tuhkaa voidaan käyttää hyödyksi stabiloinnissa. Sideaineresepti tehdään aina tapauskohtaisesti riippuen stabiloitavasta massasta ja käyttötarkoituksesta.

Sideaineen sekoittamiseen käytetään kaivinkoneeseen liitettävää stabilointilaitteistoa (kuvat 13 ja 14), johon kuuluu painesyötin, sekoitin ja tietokonelaitteisto, joka mittaa, kontrolloi ja raportoi koko stabilointiprosessia. Sideaineet sekoitetaan stabiloitavaan massa tasaisesti sekä pysty-, että vaakasuunnassa, jolloin maahan syntyy laattamainen vyöhyke (kuva 13). [15.]



Kuva 13. Massastabiloinnin työperiaate ja kaivinkoneeseen kiinnitettävä sekoitinlaite.

Stabilointi on tehokas ja ympäristöystävällinen menetelmä verrattuna esimerkiksi mas-sanvaihtoon kun halutaan lisätä huonosti kantavien maa-ainesten kuten esimerkiksi saven, turpeen tai lietteen leikkauslujuutta [15].



Kuva 14. Stabilointilaitteisto kiinnitettynä kaivinkoneeseen

3.4 Pilaantuneiden maa-ainesten kapselointi

Pilaantuneiden maa-ainesten loppusijoitus, kapselointi tai eristys jätteenä kaatopaikalle ei tue jätteen hyötykäyttöä ja luonnonvarojen säästöä. Se myös nopeuttaa kaatopaikkojen täyttymistä. Sen sijaan pilaantuneita maita voidaan käyttää hyödyksi kaatopaikkoja suljettaessa peitemaina tai rakenteissa, tämä on yleensä turvallinen ja kustannus-tehokas tapa käyttää pilaantuneita maa-aineksia. [14, s. 19.]

Vuosina 2005 ja 2006 käytettiin huomattava osa pilaantuneista maista kaatopaikkojen sulkemisiin, mutta sen jälkeen ei kaatopaikkoja ole poistunut käytöstä suurissa määrin, minkä johdosta pilaantuneiden maiden hyötykäyttöön muissa kohteissa on ollut painetta. [14, s. 20.]

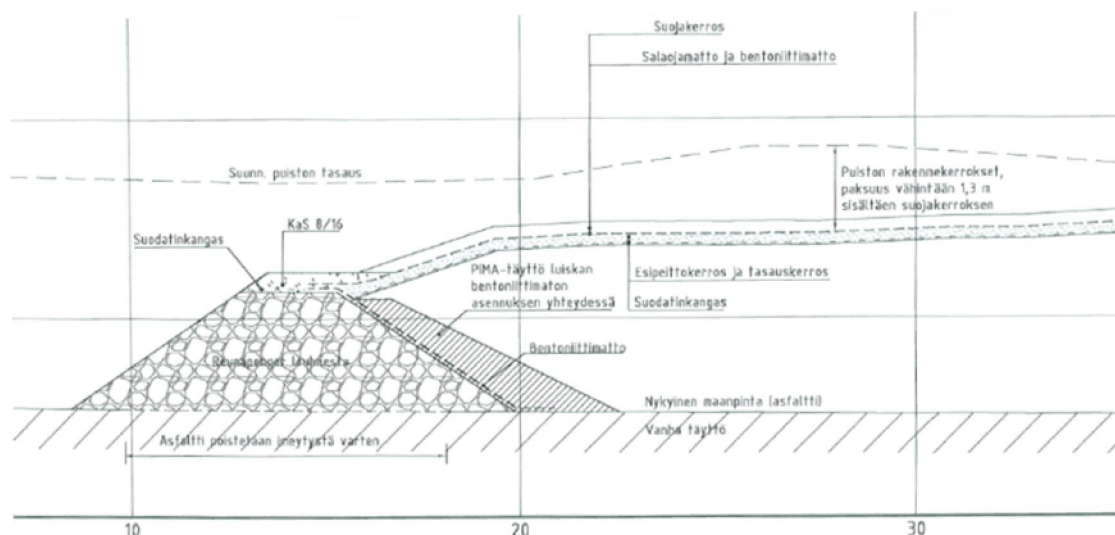
Pilaantuneiden maiden käyttö erilaisissa kaatopaikan ulkopuolisissa kohteissa edistää jätteiden hyötykäyttöä ja säästää uusiutumattomia luonnonvaroja siltä osin kuin puhdaita maa-aineksia korvataan pilaantuneilla. Käsittelemättömien pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöön ei myöskään liity käsittelystä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Hyötykäyttö kaatopaikkojen ulkopuolella edellyttää huolellista suojausta ja eristäviä rakenteita, jotka estävät haitta-aineiden kulkeutumisen ympäristöön. Hyötykäyttö edellyttää myös ympäristölupaa, jonka hitaudesta johtuen kaatopaikkasijoitus tulee hyötykäyttöä edullisemmaksi. [14, s. 21.]

Lupaprosessin hitauden ja hyötykäytön onnistumisen kannalta hyötykäyttöä kaatopaikkojen ulkopuolelle tulisi käyttää, kun pilaantunutta maa-ainesta on käytettävissä riittävästi ja se on geoteknisiltä ominaisuuksiltaan mahdollisimman tasalaatuista. Hyötykäytön kehittämisen kannalta on siis olennaista keskittyä suuriin massamääriin ja tietynlaisiin haitta-aineisiin, jolloin laatuvahtelut ovat vähäisempiä. [14, s. 21 – 22.]

Pilaantuneet maa ainekset kapseloidaan yleensä käyttämällä bentoniittisavea. Yleisin käytettävä menetelmä on bentoniittimatto, joka muodostuu geotekstiileistä ja bentoniittisavesta. Bentoniittisavi on luonnon savimineraali, joka kostuessaan paisuu ja muuttuu paineen alaisena käytännössä nestettä läpäisemättömäksi. Paisumisominaisuutensa johdosta bentoniittieristys on ns. itsestään korjautuva pienien vaurioiden osalta. Bentoniittimatolla on myös erittäin hyvä jäätymis-sulamiskestävyys sekä kastumis-kuivamiskestävyys. [16.]

Pilaantuneen maa-aineksen kapseloinnin rakenne koostuu erilaisista rakenneosista (kuva 15). Pilaantuneen maan päälle levitetään yleensä suodatinkangas, joka estää pilaantuneen maan ja esipeittokerrosten mahdollisen sekoittumisen. Suodatinkankaan päälle rakennetaan esipeitto- ja tasauskerrokset. Esipeittokerroksella tasataan täytön pinta karkeasti, ja tasauskerroksella tasoitetaan pinta sileäksi hienommalla maa-aineksella (esim. maksimiraekoko 40 mm), jotta bentoniittimatto ei rikkoutuisi liian suurten kivirakkeiden johdosta. Tasauskerroksen päälle levitetään itse bentoniittimatto (kuva 15). Bentoniittieristyksen päälle voidaan tarpeen mukaan rakentaa myös salaojakerros sekä kaasunkeräyskerros, riippuen maa-aineksen pilaantuneisuudesta ja haitta-aineista. [17.]

Työn aikainen laadunvalvonta on erityisen tärkeässä roolissa pilaantuneita maa-aineksia kapseloitaessa kaatopaikkojen ulkopuolelle. Näin varmistetaan se, että työ tulee tehdyksi suunnitelmien edellyttämällä tavalla, eikä haitta-aineita pääse tulevaisuudessa leviämään kapseloinnin ulkopuolelle.

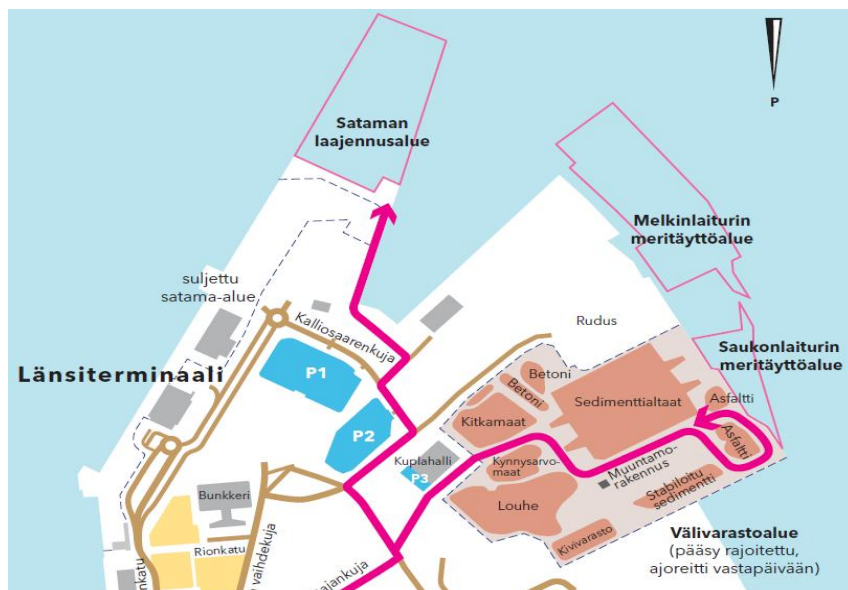


Kuva 15. Esimerkki pilaantuneen maa-aineksen kapselointirakenteesta

3.5 Maa-ainesten käyttökohteet

Väliavarastointialueella varastoituja maa-aineksia pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti alueen rakentamisessa. Alueiden tonteilta tulleita pilaantuneita maa-aineksia on sijoitettu Hyväntoivonpuiston rakenteisiin kapseloitavaksi noin 40 000 kuutiometriä. Puiston ensimmäinen vaihe tullaan kapseloimaan keväällä 2012 ja hyötykäyttöalueen laajentamisen ympäristölupaprosessi on käynnissä, jotta alueelta ei turhaan jouduttaisi ajamaan pilaantuneita maita käsittelylaitoksiin tai maankaatopaikoille.

Seulottua louhetta käytetään alueen ja Staran työmaiden katurakenteisiin ja täyttöihin, kuten myös kitka- ja kynnyсарvomaita. Louhetta käytetään seulontaan, alueen meritäyttöihin, sekä mahdollisuuksien mukaan myös muihin täyttöihin. Alueelle tehdään kolme laajennusaluetta täyttämällä merta Saukonlaiturin, Melkinlaiturin ja Länsisataman alueilla (kuva 16). Pelkästään Melkinlaiturin ja Saukonlaiturin meritäyttöihin käytetään yhteensä noin 2,2 miljoonaa kuutiometriä maa-aineksia.



Kuva 16. Jätkäsaaren laajennusalueet

Betoni- ja asfalttijätettä käytetään hyödyksi alueen pengerrakenteissa ja täytöissä mahdollisuuksien mukaan. Murskatusta asfaltista on rakennettu esimerkiksi sedimenttien kuivatusaltaiden ja hyötykäyttöalueen reunapenkereitä. Asfalttijätettä on myös ajettu asfalttiasemille uusiokäyttöä varten. Myös murskatun asfaltti- ja betonijätteen sijoittamista louheen seassa mereen selvitetään.

Stabiloituja pilaantuneita sedimenttejä sijoitetaan hyötykäyttöalueelle ja puhtaiden stabiloitujen sedimenttien käyttöä meritäytöissä ja alueen muissa täytöissä selvitetään. Puhtaita sedimenttejä on myös ajettu muun muassa Vuosaaren kaatopaikan rakenteisiin.

4 Työmenetelmien vertailu

4.1 Työsaavutukset

Seulonta

Seulonta aloitettiin Jätkäsaaren väliarastointialueella maaliskuussa 2012. Seulontalaitteistona käytettiin kaksiakselista, kaksitasoista vapaavärhedeseulaa Powerscreen Warrior 1400 (kuva 17) ja syöttökoneena toimi Volvo CL 240 tela-alustainen kaivinkone.

Seulontalaitteisto on suhteellisen pieni tela-alustainen ja helposti liikuteltava. Se on tarkoitettu pieniin tai keskisuuriin seulontatöihin, se on monikäyttöinen, vahvatekoinen ja tehokas, joten se palvelee hyvin käyttötarkoitusta välivarastoalueen seulontaan. [18.]



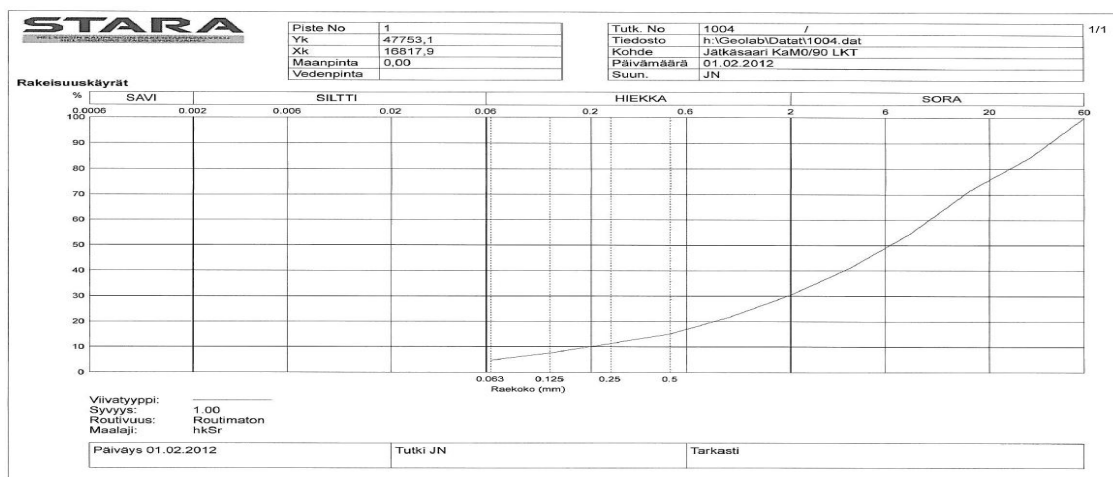
Kuva 17. Seulontalaitteisto töissä Jätkäsaaren välivarastointialueella

Syöttötahti seulaan oli noin 60 tonnia tunnissa, josta haluttua 0/90 millimetrin läpimitaista raekokoa sisältävää lajitetta saatiin noin 38 tonnia ja 90/200 millimetrin lajitetta 21 tonnia. Yli 200 millimetrin ylitettä ei kirjattu. Seulan maksimityöteho valmistajan mukaan on jopa 400 tn/h, joten seulan kapasiteetista oli käytössä alle puolet. Tarkemmat päivittäiset työsuoritteet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tunnelikiven seulonnan työsuorite viikolla 13/2012

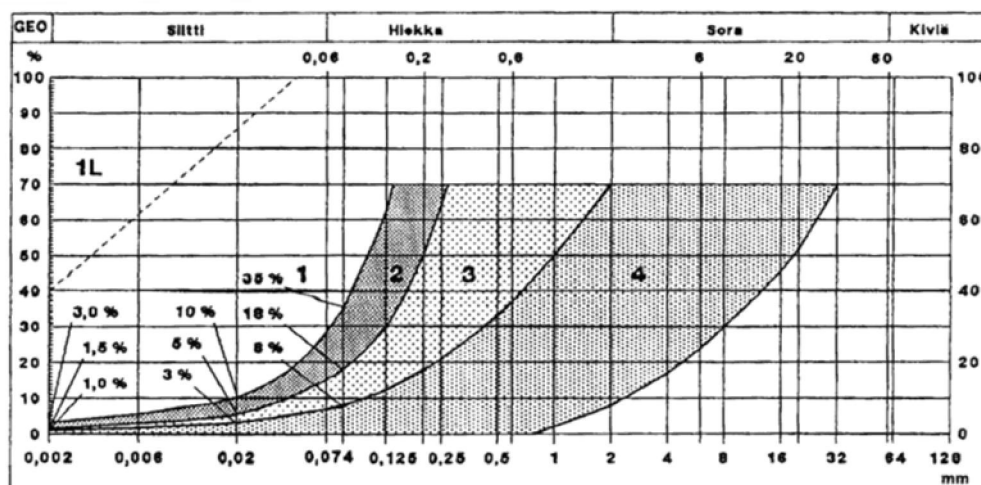
	maanantai 26.3		tiistai 27.3		keskiviikko 28.3		torstai 29.3		perjantai 30.3		Yhteensä	
Aika	7.00-15.09		7.00-15.09		7:00-15:09		7:00-15.09		7.00-15.09			
Tunnit	7,16	h	7,16	h	7,16	h	7,16	h	7,16	h	35,80	h
0-90 mm	308,00	tn	352,00	tn	270,00	tn	240,00	tn	180,00	tn	1350,00	tn
Kiilakivi	220,00	tn	206,25	tn	140,00	tn	114,00	tn	85,00	tn	765,25	tn
Yhteensä	528,00	tn	558,25	tn	410,00	tn	354,00	tn	265,00	tn	2115,25	tn

Seulotulle rakennekerrokseen tarkoitetulle 0/90 lajitteelle tehtiin laboratoriossa koeseulonta, josta määritettiin maa-aineksen rakeisuuskäyrä (kuva 18).



Kuva 18. Jatkasaarella seulotun 0/90 maa-aineksen rakeisuuskäyrä.

Rakeisuuskäyrää tulkitsemalla voitiin todeta, että maa-aines on routimatonta ja kelpaa käytettäväksi katujen rakennekerroksissa. Rakeisuuskäyrää voi verrata esimerkiksi tiehallinnon julkaisemaan kuvaan routivuuden arvioinnista rakeisuuden perusteella (kuva 19). Maalajit, jotka sijaitsevat alueella 1, ovat routivia. Maalajit, joiden rakeisuuskäyrät sijaitseva alueilla 2, 3, tai 4, ovat routimattomia, jos niiden rakeisuuskäyrän alapää ei pääty vasemmanpuoleisen alueen rajakäyrän yläpuolella. [19, s. 23.]



Kuva 19. Maalajin routivuuden arviointi rakeisuuden perusteella [19, s. 23.]

Murskaus

Murskausta ei ole tehty Staran toimesta moneen vuoteen, joten ajankohtaisia työsuoritteita ei ollut saatavilla. Murskauksen tehokkuus riippuu täysin murskauskaluston koosta ja murskainten määrästä sekä halutuista lajitteista.

Sedimenttien stabilointi

Sedimenttejä on stabiloitu Jätkäsaaren välivarastointialueen stabilointialtaissa keväällä 2011 yhteensä noin 30 000 m³, joista pilaantuneita noin kolmasosa. Stabilointiaineena käytettiin yleisementtiä 60 kg/m³. Pilaantuneet sedimentit on sijoitettu Hyväntoivonpuiston hyötykäyttöalueelle.

Stabilointialtaissa on keväällä 2012 noin 80 000 kuutiometriä ruopattuja sedimenttejä, jotka on tarkoitus stabiloida kesällä 2012.

Pilaantuneiden maa-ainesten kapselointi

Pilaantuneiden maa-aineksen kapseloinnin varsinaisia työsuorituksia on vaikea esittää yksiselitteisesti. Kapselointi aloitettiin keväällä 2010 (kuva 20) ja kapseli tullaan sulkemaan keväällä 2012. Työn ansiosta säästytään yli 40 000 tuhannen kuutiometrin kuljetamiselta pilaantuneiden maiden vastaanottopaikoille, sekä puiston täyttöihin muuten tarvittavissa massamäärissä. Hyötykäyttöalueelle voidaan sijoittaa massoja, jotka ylittävät PIMA-asetuksessa määrätyn alemman ohjearvon. Ei kuitenkaan sellaisia massoja, jotka luokitellaan ongelmajätteeksi, sisältävät haihtuvia haitta-aineita tai muita orgaanisia aineita yli ylempien ohjearvojen tai jotka sisältävät merkittävästi biohajoavia aineksia eli aiheuttavat kaasunmuodostusriskiä. [20, s. 18.]



Kuva 20. Bentoniittimatton levitystyö käynnissä Jätkäsaassa kesällä 2010

Kapselin rakentamiseen on hyötykäytetty välivarastointialueen asfaltti- ja betonijätettä reunapenkereitä rakennettaessa, esipeittokerrokseen tullaan käyttämään hyödyksi kyn-nysarvomaata.

4.2 Kustannukset

Seulonta

Seulontalaitteiston ja sitä kuormaavan kaivinkoneen yhteishinta on 128 euroa tunnissa. Ensimmäisellä viikolla keskimääräinen työsuorite kalliomurskeelle raekolla 0/90 mm oli 38 tonnia tunnissa. Tästä saadaan tonnihinnaksi noin 3,4 euroa. On myös huomioitava, että seulonta ei heti alkuun toimi parhaalla mahdollisella tehokkuudella, ennen kuin oikeat työmenetelmät selviävät.

Tähän nähden tulokset näyttävät erittäin rohkaisevilta, sillä lähinnä keskustaa sijaitse-vilta sora-asemilta haettaessa, kiviaineksen hinta liikkuu noin 6,7 euron tasolla (tauluk-ko 3), hinta ei myöskään sisällä kuljetuskustannuksia, jotka pienenevät huomattavasti välimatkojen lyhentyessä. Seulonnan hintaan voidaan vielä lisätä tällä hetkellä väli-va-rastointialueen yleisessä käytössä oleva pyöräkuormaaja, joka on muiden töiden ohella hoitanut seulonnan varastointia ja autojen kuormausta. Tällöin seulonnan tuntihinnaksi muodostuu 175 euroa tunnilta ja kalliomurskeen 0/90 hinnaksi 4,6 euroa tonnilta. Näin

ollen seulonnalla säästetään huonoimmassakin tapauksessa yli 30 prosenttia verrattuna sora-asemilta ostettuun maa-ainekseen.

Taulukko 3. Staralla noudatettava kiviaineshinnasto (€/tn alv 0 %) vuonna 2012

	Konevuori Oy	Lemminkäi- nen Infra Oy	Lemminkäi- nen Infra Oy	NCC Roads Oy	Rudus Oy								Seepsula Oy
	Kulloo Saaksjärvi	Voutila	Hakkila	Sipoo Öljytie 600	Tuupakka	Mäntymäki	Talma	Länsisalmi	Viikki	Kulloo	Kulmakorpi	Jatkäsaari	Senkkeri
Kalliomurske 0 - 8				7,11		7,50							
Kalliomurske 0 - 11 mm	6,75			7,31	9,10		8,30			8,50	9,50		8,50
Kalliomurske 0 - 16	6,65	7,90	8,50	7,11	7,80	7,50	7,20	8,70		7,20	8,50		7,00
Kalliomurske 0 - 32 mm	5,95	7,40	7,80	6,33	7,30	6,80	6,70	8,00	7,80	6,60	7,80		6,50
Kalliomurske 0 - 56	5,65	6,90	7,30	5,92	6,80	6,30	6,20	7,80	7,10	6,00	7,30		6,00
Kalliomurske 0 - 90...100	5,35	6,30	6,80	5,56	6,30	5,80	5,70	7,00	6,70	5,60	6,80		5,50
Kalliomurske 0 - 150 mm	5,15												5,40

Kun työmenetelmät ja laitteisto saadaan optimoitua parhaaksi mahdolliseksi, voidaan työtehokkuudessa päästä huomattavasti parempiin lukemiin ja näin ollen myös kustannussäästöt tulevat olemaan suuremmat. Myös maa-aineksen läheinen sijainti palvelee rakennustoimintaa erinomaisella tavalla, sillä noutoaika verrattuna sora-asemiin on vain murto-osa. Tämä mahdollistaa yhdelläkin kuorma-autolla toimimisen työpisteissä, vaikka massoja tarvittaisiin hetkellisesti paljon.

Sedimenttien stabilointi

Sedimenttien stabilointi altaissa on suhteellisen kallista verrattuna maan ajamiseen läjitysalueille. Hinta vaihtelee 15 – 20 euron välillä kuutiometriltä. Kuljetuskustannukset ja vastaanottomaksut taas vaihtelevat materiaalista riippuen 9 ja 15 euron välillä tonnilta.

Allasstabiloinnin kustannukset ovat siis vähintään puolitoistakertaiset verrattuna massojen kuljettamiseen maankaatopaikoille, kun muunnetaan tilavuus painoksi. Kuutio sa-vea painaa noin 1,5 tonnia.

Pilaantuneiden maa-ainesten kapselointi

Pilaantuneiden maa-ainesten kapseloinnin kokonaishintaa on vaikea määritellä, sillä prosessi sisältää monia erilaisia kustannuksia lupakäsittelystä, suunnittelusta ja itse rakentamisesta.

Jos hyötykäyttöalueelle kapseloitavat pilaantuneet massat olisi ajettu maankaatopaikalle, olisi sen kuljetus- ja vastaanottomaksut vuoden 2012 hinnastolla olleet halvimmillaan noin 12 euroa tonni, josta kuljetuksien osuus olisi noin 34 %. Kokonaiskustannukset 44 000 kuutiometrille olisi tällöin noin 535 000 euroa.

Vuonna 2010 rakennetut reunapenkereiden rakennuskustannukset ja kapselin täyttö maksoivat noin 150 000 euroa. Vuodelle 2012 suunnitellun kapselin sulkemiseen on arvioitu maksavan noin 300 000 euroa. Yhteensä pilaantuneiden maiden kapseloinnin rakennuskustannukset ovat noin 450 000 euroa, josta kuutiohinnaksi muodostuu noin 10,2 euroa. Rakennuskustannukset ovat noin 15 % edullisemmat verrattuna maankaatopaikkojen käsittely- ja kuljetuskustannuksiin.

Voidaan siis todeta, että pilaantuneiden maiden kapselointi on myös kustannuksiltaan varsin kilpailukykyinen verrattuna pilaantuneiden maiden vastaanotto- ja kuljetuskustannuksiin ajettaessa massat maankaatopaikoille. Tämä siitä huolimatta, että kokonaishinta kapseloinnille on suurempi, kun otetaan huomioon muut rakennuskustannusten lisäksi tulevat maksut muun muassa suunnittelusta ja lupaprosesseista. Toisaalta puiston massat on joka tapauksessa ajettava jostain, eikä se missään tapauksessa tulisi olemaan ilmaista.

4.3 Soveltuvuus

Jalostusmenetelmien soveltuvuus riippuu hyvin pitkälti kohteesta, sen pituudesta sekä laajuudesta. Kaikki hyötykäyttömenetelmät tukevat Helsingin kaupungin kaivumaiden hyödyntämisperiaatteita sekä yleisesti maa- ja kiviainesten ekologisesti kestävää käyttöä.

Mahdollisuudet pilaantuneiden maiden hyötykäyttöön kaatopaikkojen ulkopuolisissa kohteissa ovat rajalliset, sillä pilaantuneita maita tulisi olla paljon ja niiden laatu mah-

dollisimman tasalaatuista. Pieniä ja laadultaan sekä haitta-aineiltaan vaihtelevia pilaantuneita maita on vaikea hyödyntää, eikä se ole taloudellisesti järkevää. Jätkäsaaren rakentaminen on tällaiselle hyötykäytölle ihanteellinen, sillä se kestää kokonaisuudessaan yli kymmenen vuotta, alueen maaperä on laajalti pilaantunutta, eikä näiden maiden kuljettaminen muualle ole järkevää. Pitkäaikainen projekti mahdollistaa massojen välivarastoinnin ja keräämisen ennen niiden kapselointia. Jätkäsaaren ensimmäinen hyötykäyttöalue täyttyi kevättalvella 2012 ja kapseli tullaan sulkemaan myöhemmin keväällä. Tulevaisuudessa hyötykäyttöä pyritään jatkamaan myös puiston muissa osissa.

Seulonta on sopiva kiviaineksen jalostusmenetelmä, kun halutaan saada yhtä tai kahta eri lajitetta. Lähtömateriaalin on myös oltava mahdollisimman tasalaatuista ja tarpeeksi hienojakoista. Jätkäsaaren välivarastointialueella sijaitseva tunnelilouhe on tähän optimaalista. Se sisältää tarpeeksi hienoaainesta, eikä suuria kiviä tai lohkareita ole häiritsevässä määrin. Helsingin alueella on tulevana vuosina tulossa louheen ylitarjontaa, joten on tärkeää että sitä voidaan käyttää jatkuvasti mahdollisimman tehokkaasti ja näin maksimoida välivarastointialueiden varastointikapasiteetti. Toistaiseksi suurin osa tunnelilouheesta on ajettu suoraan alueen meritäyttöihin, mutta niiden valmistuttua joudutaan louhe varastoimaan välivarastointialueelle.

Murskaus on paras jalostusmenetelmä, kun halutaan paljon erilaisia lopputuotteita. Murskauksessa lähtötuotteen koolla ei ole väliä, kunhan lohkokoko on pääsääntöisesti alle metrin. Murskattavaa kiviainesta tulee olla tarpeeksi paljon käytössä, jotta murskaus on taloudellisesti järkevää. Myös ympäristötekijät kuten melun ja pölyn muodostuminen vaikuttavat murskaustoimintaan, sillä siitä aiheutuu huomattavaa melu- ja pölyhaittaan lähiympäristöön. Välivarastointikentällä ei ole toistaiseksi suoritettu murskausta, vaikka sen ympäristölupa sen sallii. Murskaus ei ole tähän mennessä ollut tarpeellista, sillä kiviainesta on pystytty käyttämään seulomalla tai sellaisenaan alueen rakentamiseen. Murskauskäytön perustaminen vaatii myös huomattavasti suuremman tilan toimiakseen kuin esimerkiksi seulontalaitteisto pelkästään.

Sedimenttien stabilointi on hyvä keino hyödyntää muuten kelvottomia massoja. Stabiloituille sedimenteille on vain oltava soveltuva käyttökohde, jotta toiminta olisi mielekästä. Jätkäsaarella on toistaiseksi voitu hyödyntää pilaantuneet sedimentit hyötykäyttöalueella, mutta välivarastointialueella on toistaiseksi 20 000 m³ stabiloituja sediment-

tejä ilman lopullista sijoituskohdetta, todennäköisesti ne tullaan kuitenkin käyttämään Vuosaaren kaatopaikan muotoiluun loppukesästä 2012. Altaissa stabiloitu sedimentti ei saavuta yhtä suurta lujuutta kuin esimerkiksi savikkoa stabiloitaessa. Tämä johtuu siitä, että massaa siirrettäessä pois altaista se häiriintyy ja menettää osan lujuudestaan.

4.4 Ympäristönäkökulma

Hyötykäyttömenetelmien soveltuvuutta arvioitaessa on otettava huomioon myös rakentamisesta aiheutuvat ympäristönäkökulmat ja arvioitava, mikä menetelmä on ympäristön kannalta soveltuvin. Kaikki hyötykäyttömenetelmät eivät välttämättä ole taloudellisesti edullisimpia, mutta ne vähentävät ympäristön kuormitusta, meluhaittoja ja hiilidioksidipäästöjä. Positiivisia ympäristövaikutuksia ei voida mitata vain rahassa, vaan on pystyttävä arvioimaan hankkeita ja työmenetelmiä kokonaisuuksina ja arvioitava niiden hyödyt ja haitat.

Helsingin alueella ei ole tällä hetkellä käytössä maankaatopaikkoja ja vaikka maankaatopaikalle ajettavilta massoilta ei voida kokonaan välttyä, on silti tärkeää minimoida kaatopaikoille ajettavat massat. Kuljetusmatkat ja samalla kustannukset ovat vuosien saatossa jatkuvasti kasvaneet, eikä niiden voida olettaa ainakaan lyhenevän tulevaisuudessa.

Taulukko 4. Maa- ja kiviaineskuljetusten hiilidioksidipäästöt pääkaupunkiseudulla

Maa- ja kiviaineskuljetusten hiilidioksidipäästöt (tuhatta tonnia CO ₂ /vuosi)				
Määränpääalue	Helsinki	Espoo	Vantaa	Yhteensä
Lähtöalue				
Helsinki	2,6	0,8	3,4	6,8
Espoo	0,1	1,4	0,3	1,9
Vantaa	0,3	0,7	1,8	2,8
Yhteensä	3,0	2,9	5,5	11,5
Lähtöalue: Helsinki, Espoo, Vantaa, Määränpääalue: Muu Uusimaa ja Häme				4,4
Lähtöalue: Muu Uusimaa ja Häme, Määränpääalue: Helsinki, Espoo, Vantaa				9,4
Kuljetukset yhteensä				25,3

Maa- ja kiviaineskuljetukset aiheuttavat ympäristöön melua, ilman epäpuhtauksia sekä kasvihuonekaasupäästöjä. Helsingin alueella kuljetetuista kiviaineksista aiheutui vuosina 2007 – 2009 noin 2,6 tuhatta tonnia ja kokopääkaupunkiseudun alueella noin 25

tuhatta tonnia hiilidioksidipäästöjä vuosittain (taulukko 4). Tämä on koko liikenteen vuosittaisista päästöistä noin 1,7 %. [11, s. 8.]

Onnistunut maa-ainesten hyötykäyttö ja ylijäämämaiden minimointi lähtee kaupunkisuunnittelusta ja kaavoituksesta. Hyötykäyttömenetelmiä on olemassa paljon, mutta jotta niitä voidaan tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti hyödyntää tulee rakentamisessa ylijääville massoille olla valmiiksi suunniteltu välivarastointialue tai sijoituskohde. Helsingin kaupungin kaivumaiden hyödyntämisen kehittämisohjelman tavoitteena onkin päästä kaavoituksen ja rakentamisen osalta alueelliseen massatasapainoon. Vuonna 2012 Helsingin kaupungin tavoitteena on vähentää ylijäämämaita 50 % vuoden 2010 tasosta. [11, s. 19.]

5 Johtopäätökset

Maa-ainesten hyötykäyttömenetelmien käyttö ja niiden kehittäminen ovat merkittävä haaste infrarakentamisen tulevaisuuden kannalta. Kuljetuskustannukset kasvavat koko ajan, sillä maankaatopaikat ja kiviaineksen tuotantoasemat siirtyvät koko ajan kauemmas ja kauemmas Helsingin keskustasta missä niiden tarve on suurta. Myös ympäristön kestävän kehityksen ja luonnonvarojen ekologisen käytön kannalta on tärkeää, että kaikki rakennuksessa käyttökelpoiset massat voidaan käyttää hyväksi sellaisenaan tai jalostettuna.

Maa-aineksen hyötykäyttö- ja jalostusmenetelmiä on paljon ja on tärkeää valita kuhunkin kohteeseen juuri siihen parhaiten soveltuva menetelmä ympäristön ja kustannuksien kannalta.

Helsingin kaupungin maankäytön nykytila ja arvio tulevaisuuden tarpeista sekä maa-ainesten saatavuudesta on käynnistänyt kaivumaiden hyödyntämishajelman, joka pyrkii optimoimaan alan eri toimijat niin, että tulevaisuudessa voidaan saavuttaa alueellinen massatasapaino. Jotta tavoite voidaan saavuttaa, on arvioitava massoja sekä niiden syntyä ja käyttöä jo alueiden kaavoitus- ja suunnitteluvaiheessa, jotta rakentamisen aikana pystytään käyttämään kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuvia menetelmiä.

Jätkäsaaren välivarastointialueella toteutetuista hyötykäyttömenetelmistä louheen seulonta ja käyttö katujen rakenteisiin osoittautui menetelmistä taloudellisesti kannattavimmaksi. Tämän kaltainen toiminta onkin erittäin suositeltavaa ja voidaan sanoa, että seulonta olisi voitu aloittaa alueella jo paljon aikaisemmin maksimaalisen hyödyn saavuttamiseksi. Seulonta on toteutettavissa suhteellisen pienillä resursseilla eikä siitä aiheudu tämänhetkisten kokemusten perusteella lähiympäristöön minkäänlaisia haitta-vaikutuksia.

Sedimenttien stabiloinnin osalta voidaan todeta, ettei se ole pelkästään taloudellisin kriteerein kannattavaa. Toisaalta muut syyt, kuten esimerkiksi ympäristön kuormituksen vähentäminen tulee ottaa merkittävänä tekijänä huomioon arvioitaessa menetelmän järkevyyttä ja käyttöä.

Pilaantuneiden maa-ainesten kapseloinnin rakennuskustannukset alittavat kuljetus- ja käsittelykustannukset ja voidaan todeta, että pilaantuneiden maiden kapselointi sopivassa hyötykäyttökohteessa on erittäin toimiva ratkaisu niin taloudellisesti, kuin ympäristönsuojelunkin kannalta. Vaikka rakennuskustannusten päälle lisättäisiin kaikki muutkin rakentamisen kustannukset, ei hinta todennäköisesti tulisi merkittävästi korkeammaksi. On myös huomioitava, että puiston täyttömassat on joka tapauksessa hankittava jostain, joten pilaantuneiden maiden kapselointi tässä tapauksessa, kun sitä on saatavilla kohteen lähialueilta suuria määriä, on varmasti myös taloudellisesti edullisempaa verrattuna massojen ajamiseen maankaatopaikoille.

Loppujen lopuksi hyötykäyttö ja pyrkimys massaneutraaliin rakentamiseen on suuri haaste, jossa Helsingin kaltaisen suuren kunnan on oltava vetovastuussa ja toimittava edelläkävijänä, jotta tulevaisuudessa näihin tavoitteisiin voitaisiin päästä myös laajemmassa mittakaavassa. Tämä edellyttää ennakoluulotonta asennetta kaavoitukseen, suunnitteluun sekä maa-ainesten käyttöön ja niiden jalostamiseen, jolloin toiminnasta aiheutuvat kustannukset ovat vain yksi osa suurempaa kokonaisuutta.

Lähteet

1. Helsingin ekologisesti kestävästä rakentamisesta 2012 – 2018, osa B infra-rakentaminen, lausuntoversio 17.5.2011
2. SITO Oy:n raportti: Helsingin kaivumaiden hyödyntämisen kehittämisohjelma, nykytila, 12.3.2012
3. Ympäristöministeriön verkkosivut, luettu 10.3.2012:
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=37561&lan=fi>>
4. Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994, 1§
5. Väliarastointialueen ympäristölupapäätös, YS 963, UUS-2008-Y-331-111, 19.8.2009
6. Ympäristönsuojelulaki 86/2000
7. Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2009/169
8. Jätelaki 1072/1993
9. Jätelaki 646/2011
10. Uutta Helsinkiä verkkosivu, luettu 2.2.2012:
<<http://www.uuttahelsinki.fi/jatkasaari-telakkaranta>>
11. Jätkäsaaren osayleiskaava, luettu 5.2.2012:
<http://www.hel2.fi/ksv/julkaisut/julk_2008-3.pdf>
12. Uutta Helsinkiä verkkosivu, luettu 2.2.2012:
<<http://www.uuttahelsinki.fi/jatkasaari/perustiedot/tama-uusi-jatkasaari>>
13. RIL154-1 Tunneli- ja kalliorakennus I, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Otapaino, espoo 1987; ISBN 951-758-115-7
14. Hämeen ympäristökeskuksen raportteja 11/2009: Etelä- ja Länsi-Suomen jäte-suunnittelu, Taustaraportti, Pilaantuneet maat; ISBN 978-952-11-3661-0
15. ALLU:n verkkosivut, luettu 29.3.2012:
<<http://www.allu.net/index.php/fi/tuotteet/stabilointijarjestelma>>
16. Viapipe oy:n verkkosivut, luettu 29.3.2012:
<<http://www.viapipe.fi/pohjavedensuojaus.php>>

17. Rambollin Hyväntoivonpuiston rakennepiirustukset
18. Powerscreen seulan esite yrityksen verkkosivuilla, luettu 23.3.2012:
<<http://www.powerscreen.com/en/products/2/screening/item/76/powerscreen-warrior-1400/#features>>
19. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Tiehallinnon julkaisu ISBN 951-47-7420-5
20. Jätkäsaarella hyödynnettävien pilaantuneiden maa-ainesten ympäristölupapäätös, YS 674, UUS-2008-Y-363-114, 5.6.2009

